



Danás Miklós

## Váltakozó áramú hálózatok



A követelménymodul megnevezése:

Elektronikai áramkörök tervezése, dokumentálása

A követelménymodul száma: 0917-06 A tartalomlelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-008-50



## ELEKTROTECHNIKAI ALAPISMERETEK – VÁLTAKOZÓ ÁRAMÚ HÁLÓZATOK

### ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Ön egy szervizben/üzemben dolgozik, ahol elektronikai berendezéseket javítanak. A szerviz/üzem szakképzésben tanulók gyakorlati foglalkoztatásának helyszíne is.

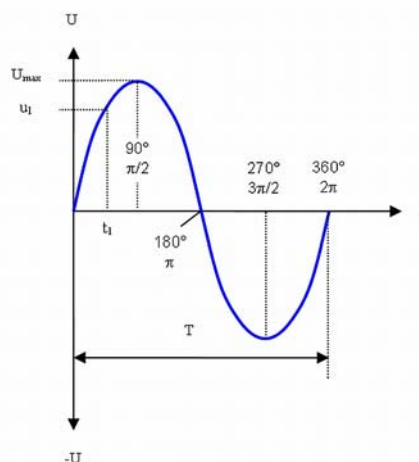
Feladata:

- a tanulók illetve belépő új pályakezdő munkatársak témához kötődő elméleti felkészültségének rendszerezése, gyakorlathoz igazítása,
- ismereteinek alkalmazása a szervizmunka során.

### SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

#### A SZINUSZOS VÁLTAKOZÓ FESZÜLTÉG

Leggyakrabban szinuszos lefolyású váltakozó feszültséggel találkozunk, hiszen ilyen az erősáramú hálózat feszültségének alakja (1. ábra). Az erősáramú hálózat feszültségét erőművekben állítják elő forgógenerátorokkal.



1. ábra. Szinuszos lefolyású váltakozó feszültség egy periódusa

## VÁLTAKOZÓ ÁRAMÚ HÁLÓZATOK

Vizsgáljuk meg részletesebben és értelmezzük, hogy milyen jellemzői vannak a szinuszosan változó feszültségnek (1. ábra).

### Periódusidő T [s]

Egy periódus időtartama.

### Frekvencia f [Hz]<sup>1</sup>

1 s alatt lejátszódó periódusok száma. Az erősáramú hálózat frekvenciája nálunk 50 Hz.

### Összefüggés a frekvencia és a periódusidő között

$$f = \frac{1}{T}$$

50 Hz esetében egy periódus időtartama:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} \text{ s} = 20 \text{ ms}$$

### Körfrekvencia: $\omega$ <sup>2</sup>

A körfrekvencia az egységnyi idő (1s) alatti radiánban mért változások számát adja meg.

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = \frac{2 \cdot \pi}{T} \left[ \frac{1}{\text{s}} \right]$$

### Emlékeztető:

$$1 \text{ rad} = 57,3^\circ$$

$$\pi \cdot \text{radián} = 180^\circ$$

### Csúcsérték: $U_{\text{max}}$

### Effektív<sup>3</sup> érték: $U_{\text{eff}} = U$

A váltakozó áram effektív értéke olyan egyenáram munkavégző képességével egyenlő, amely ugyanazon ellenálláson ugyanakkora teljesítményt hoz létre.

<sup>1</sup> ejtsd: herc

<sup>2</sup>  $\omega$ : omega, a görög abc kisbetűje

<sup>3</sup> Effektív: hatásos, valós.

A villamosítás kezdetén a lakásokat egyenáramú hálózat látta el, aminek sok hátránya volt. Amikor áttértek a váltakozó áramra, ugyanazokat az egyenáramú fogyasztókat (lámpák, főzőlapok, stb.) kellett működtetni. Az egyenáramra méretezett fogyasztóknak váltakozó árammal táplálva ugyanazt a teljesítményt kell leadnia.

$$I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} = I_{\max} \cdot 0,707$$

$$U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} = U_{\max} \cdot 0,707$$

Az effektív értéket négyzetes középértéknek is nevezik, angol rövidítéssel: rms (Root Mean Square).

**Pillanatnyi érték: u**

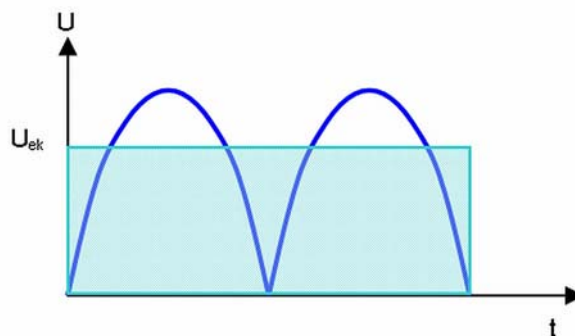
$$u = U_{\max} \cdot \sin \omega t$$

A pillanatnyi értéket mindig kisbetűvel jelöljük. Pl. az 1. ábrán a  $t_1$  időhöz tartozó pillanatnyi érték:  $u_1$ .

**Egyenirányított középérték:  $U_{ek}$**

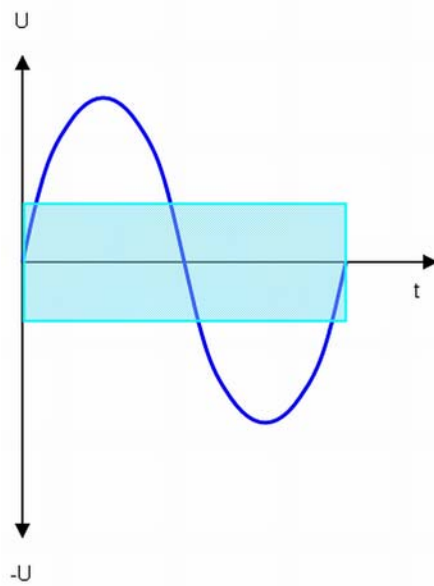
$$U_{ek} = \frac{2}{\pi} \cdot U_{\max} = U_{\max} \cdot 0,637$$

A váltakozó feszültség egyenirányításakor kapott görbe alatti terület.



2. ábra. Egyenirányított középérték

Lineáris, elektrolitikus, vagy számtani középértéknek is nevezik.



3. ábra. Periódikusan váltakozó jellemző számtani középértéke mindig nulla!

Hullámhossz:  $\lambda$

$$\lambda = c \cdot T [\text{m}]$$

$$\lambda = \frac{c}{f} [\text{m}]$$

Hullámhossz az a távolság, amennyit a hullám 1 periódus alatt megtesz.

A fény terjedési sebessége:

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Az áram sebessége megegyezik a fény sebességével.

## FOGYASZTÓK A VÁLTAKOZÓ ÁRAMÚ ÁRAMKÖRBEN

### Rezisztencia

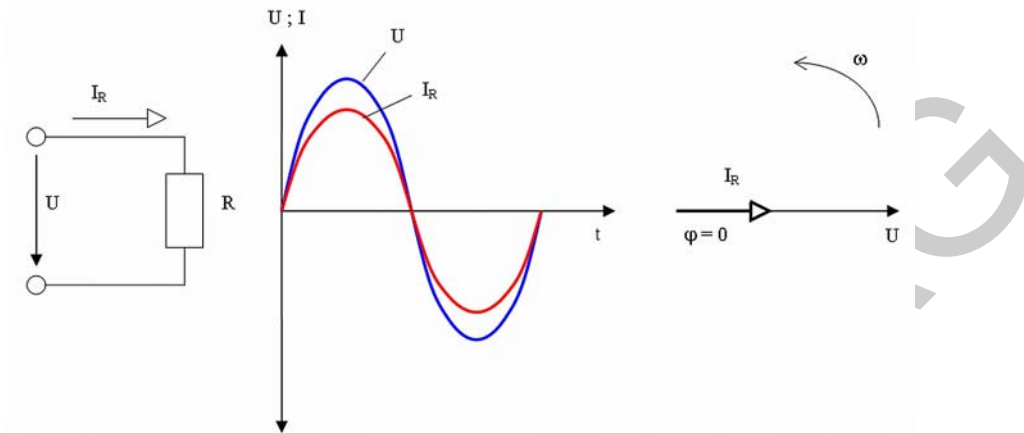
Azokat a fogyasztókat, amelyeknek nincs, vagy elhanyagolható az induktivitása és a kapacitása, hatásos ellenállásnak, ohmos ellenállásnak, wattos ellenállásnak, stb. nevezik. Ilyen fogyasztók az izzólámpák, fűtőtestek. Mi a későbbiekben a rezisztencia elnevezést fogjuk használni.

---

<sup>4</sup> lambda

Kapcsoljunk váltakozó feszültségre egy fűtőtestet, mérjük meg a feszültséget, áramfelvételét. (A névlegestől jóval kisebb feszültségen végezzük a mérést, hogy a melegedés okozta ellenállás-változás elhanyagolható legyen.)

Számítsuk a tanult módszerrel az ellenállást!



4. ábra. Rezisztencia a váltakozó áramú áramkörben

Ellenőrizzük ellenállásmérővel, és azt fogjuk tapasztalni, hogy nincs különbség az értékek között. Tehát nincs eltérés a korábban tanult egyenáramú viselkedéshez képest, Ohm törvénye itt is érvényes.

Oszcilloszkóppal mérjük a fogyasztó feszültségét és áramát! Azt fogjuk tapasztalni, hogy a feszültség és az áram ugyanabban a pillanatban éri el a minimumát és a maximumát, fázisban vannak.

A feszültség és az áram által bezárt szöget fázisszögnek nevezzük, jele:  $\varphi$ <sup>5</sup>.

A fázisszög koszinusza a teljesítménytényező:  $\cos\varphi$ .

$0 < \cos\varphi < 1$

A  $\cos\varphi$  megmutatja, hogy a hálózatról felvett villamos energia mekkora hányada fordítódik munkavégzésre. Ideális esetben  $\cos\varphi=1$ , tehát a fogyasztónak csak hatásos árama van.

A váltakozó áramú fogyasztónak látszólagos, hatásos és meddő árama, illetve teljesítménye lehet.

<sup>5</sup> fi

## VÁLTAKOZÓ ÁRAMÚ HÁLÓZATOK

A látszólagos teljesítmény a feszültség és az áram szorzata.

$$S = U \cdot I [\text{VA}]$$

A hatásos teljesítmény a látszólagos teljesítmény és a teljesítménytényező szorzata.

$$P = S \cdot \cos \varphi [\text{W}]$$

A meddő teljesítmény a látszólagos teljesítmény és a fázisszög szinuszának a szorzata. (Var: voltamper reaktív)

$$Q = S \cdot \sin \varphi [\text{VAr}]$$

### Az ohmos fogyasztó jellemzői

Az ellenállás-hatás: rezisztencia  $R$  [ $\Omega$ ]

A vezetés: konduktancia  $G$  [ $S$ ]

$$G = \frac{1}{R}$$

$L=0$  ;  $C=0$

Az áram hatásos (wattos):

$$I_R = \frac{U}{R}$$

Fázisszög:

$\varphi=0$  ;  $\cos\varphi=1$  ;  $\sin\varphi=0$

$$S = U \cdot I$$

$$P = S$$

$$Q = 0$$

### Induktív reaktancia<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> reaktancia: visszahatás

Kapcsoljunk váltakozó feszültségre egy közel ideálisnak tekinthető tekercset, mérjük meg a feszültségét, áramfelvételét. (Az ideális tekercs rezisztenciája nulla.)

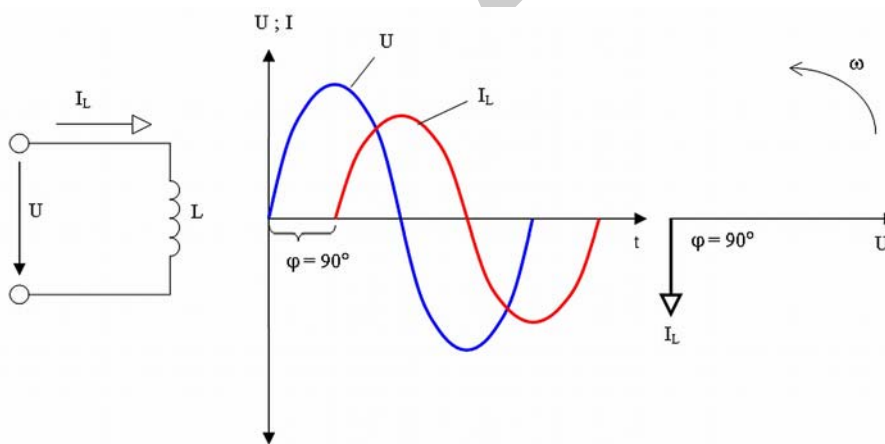
Számítsuk a  $U/I$  hányadost, ami eddig ellenállásnak neveztünk!

Ellenőrizzük ellenállásmérővel, és azt fogjuk tapasztalni, hogy jelentős különbség van az értékek között. A számított érték jóval nagyobb, mint a mért, tehát az  $U/I$  hányados nem a tekercs (eddig tanult) ellenállása.

Kell lennie a rezisztencián kívül még valaminek, ami csökkenti az áramot.

Oszilloszkóppal mérjük a fogyasztó feszültségét és áramát! Azt fogjuk tapasztalni, hogy a feszültség és az áram nincsenek fázisban, az áram közel  $90^\circ$ -kal késik a feszültséghez képest. Mi ennek az oka?

Emlékezzünk a mágneses tér létrehozására, Lenz törvényére...! A tekercsben folyó váltakozó áram váltakozó fluxust hoz létre, aminek indukált feszültség lesz a következménye. Az önindukciós feszültség ellentétes irányú az  $U$  feszültséggel, az indukált áram pedig akadályozni igyekszik a generátor áramát. A tekercs reaktív hatást gyakorol az áramra. Ezt a reaktív hatást induktív ellenállásnak, induktív reaktanciának.



5. ábra. Ideális induktív reaktancia a váltakozó áramú áramkörben

### Az ideális induktív fogyasztó jellemzői

Az ellenállás-hatás: induktív reaktancia  $X_L$  [ $\Omega$ ].

$$X_L = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L [\Omega]$$

Tehát az induktív reaktancia frekvenciafüggő. Ha nő a frekvencia, nő a reaktancia.

A vezetés: induktív szuszceptancia  $B_L$  [S]



$$B_L = \frac{1}{X_L}$$

$$R=0$$

Az áram induktív meddő:

$$I_L = \frac{U}{X_L} = \frac{U}{\omega \cdot L} = \frac{U}{2\pi \cdot f \cdot L}$$

Ez az áram hozza létre a tekercs mágneses erőterét.

$$\varphi=90^\circ ; \cos\varphi=0 ; \sin\varphi=1$$

$$S = U \cdot I$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = S \cdot \cos\varphi = 0$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi = S \cdot \sin\varphi = S$$

Az ideális tekercsnek csak induktív meddője van.

### Kapacitív reaktancia

Kapcsoljunk váltakozó feszültségre egy közel ideálisnak tekinthető kondenzátort, mérjük meg a feszültségét, áramát. (A jó minőségű kondenzátorok alacsony frekvencián gyakorlatilag ideálisnak tekinthetők.)

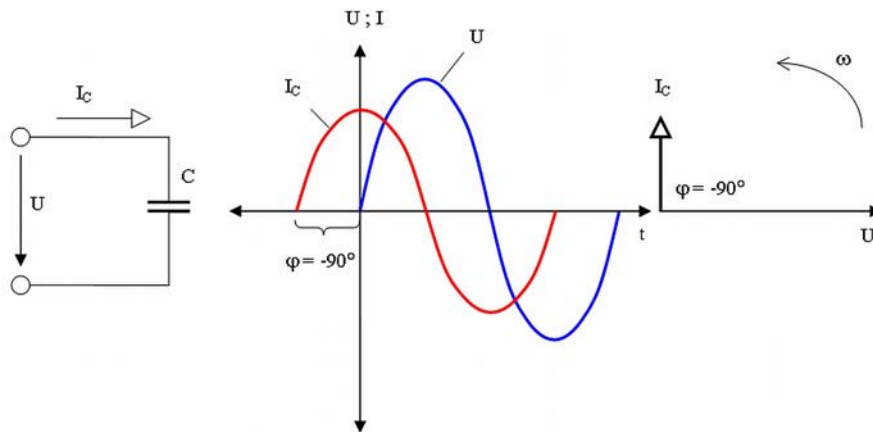
Számítsuk a  $U/I$  hányados, ami eddig ellenállásnak nevezünk!

**Süssük ki a kondenzátort, nehogy a maradékfeszültség károsítsa a műszert!**

Ellenőrizzük ellenállásmérővel, és azt fogjuk tapasztalni, hogy végtelen ellenállást mérünk, vagyis a kondenzátornak nincs ellenállása.

Oszilloszkóppal mérjük a fogyasztó feszültségét és áramát! Azt fogjuk tapasztalni, hogy a feszültség és az áram nincsenek fázisban, az áram közel  $90^\circ$ -kal siet a feszültséghez képest.

A fáziskülönbség a kondenzátor töltéstároló képessége miatt van. Az első negyedperiódusban a kondenzátor felé töltőáram folyik, majd a csúcérték elérésekor megszűnik. A feszültség csökkenésekor a kondenzátorból kisütőáram folyik, amely maximumát nulla feszültségnél éri el. A következő félperiódusban a folyamat ellenkező előjellel ismétlődik.



6. ábra. Ideális kapacitív reaktancia a váltakozó áramú áramkörben

### Az ideális kapacitás jellemzői

Az ellenállás-hatás: kapacitív reaktancia  $X_C$  [ $\Omega$ ].

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} [\Omega]$$

Tehát a kapacitív reaktancia is frekvenciafüggő, de pont fordítottan, mint az induktív. Ha nő a frekvencia, csökken a reaktancia.

A vezetés: kapacitív szuszceptancia  $B_C$  [S]

$$B_C = \frac{1}{X_C}$$

$$R=0$$

Az áram kapacitív meddője:

$$I_C = \frac{U}{X_C} = U \cdot \omega = U \cdot 2\pi \cdot f \cdot C$$

Fázisszög:

$$\varphi = -90^\circ; \cos\varphi = 0; \sin\varphi = -1$$

$$S = U \cdot I$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = S \cdot \cos\varphi = 0$$

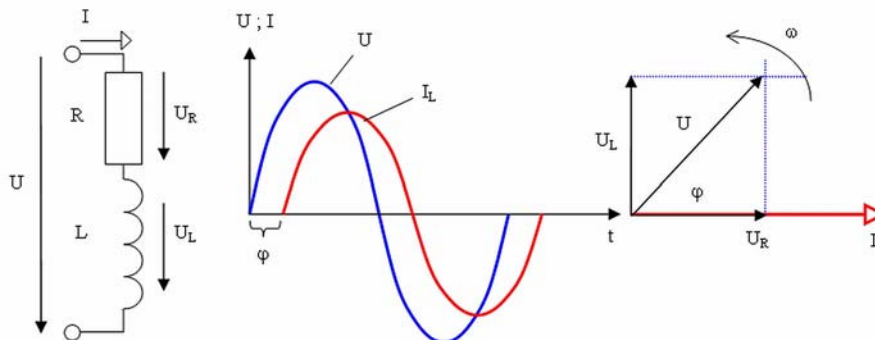
$$Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi = S \cdot \sin\varphi = -S$$

Az ideális kondenzátornak csak kapacitív meddője van.

**Veszteséges tekercs – Soros R-L kör**

Ha a tekercsnek figyelembe vesszük a vezető anyagától, hosszától keresztmetszetétől függő ohmos ellenállását, az áramot R és XL soros eredője korlátozza.

A feszültség és áram hányadosa a látszólagos váltakozó áramú ellenállás, az impedancia. Jele: Z, mértékegysége: Ω. Reciproka a látszólagos váltakozó áramú vezetés, az admittancia. jele: Y, mértékegysége: S.

$$Y = \frac{1}{Z}$$


7. ábra. Veszteséges tekercs. A fázisszöget R és XL aránya határozza meg.

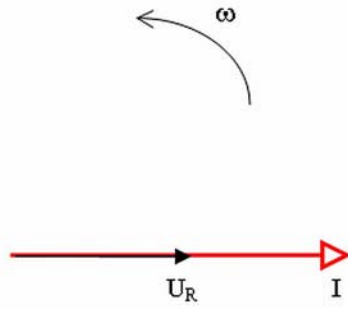
Az eddig tanult módszerrel R és XL nem adhatók össze, mert a rajtuk eső feszültség nincs fázisban.

Készítsük el lépésenként a kapcsolás vektorábráját!



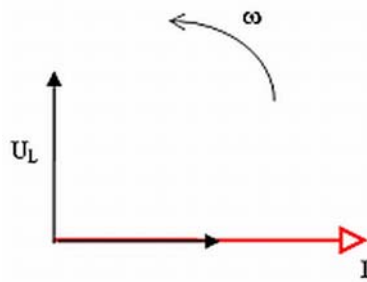
8. ábra. 1. Vegyük fel a referenciavektort és a forgásirányt!

Mindig azt célszerű felvenni referenciavektornak, amiből csak egy van. Soros kapcsolásban az áramot, párhuzamosban a feszültséget.



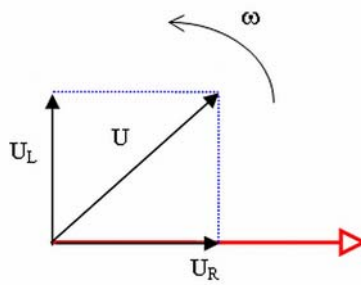
9. ábra. 2. Rajzoljuk be az árammal fázisban levő feszültséget!

Tudjuk, hogy ez mindig a rezisztencia feszültségesése.



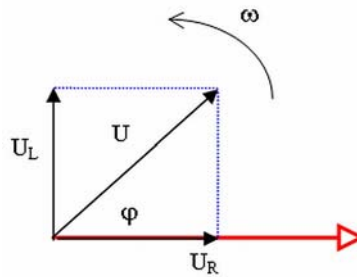
10. ábra. 3. Rajzoljuk be az induktivitás feszültségesését!

Tudjuk, hogy ez 90°-kal siet az áramhoz képest.



11. ábra. 4. Szerkesszük meg a  $U$  feszültségvektort,  $U_R$  és  $U_L$  eredőjét!

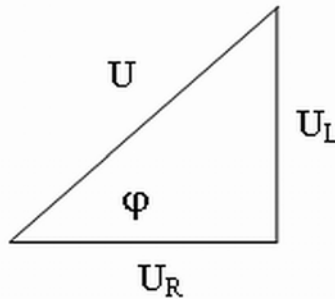
Tudjuk, hogy  $U$  feszültség  $U_R$  és  $U_L$  vektoros összege.



12. ábra. 5. Rajzoljuk be a fázisszöget!

Tudjuk, hogy  $\varphi$  a feszültség és az áram által bezárt szög.

### Feszültségháromszög



13. ábra. Soros R-L kör feszültségháromszöge

A vektorábrából egy derékszögű háromszöget kaptunk, mely segítségével bármely két adat ismeretében minden hiányzó adat kiszámítható.

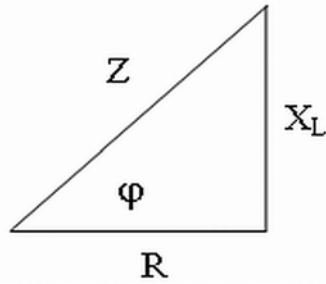
$$U^2 = U_R^2 + U_L^2$$

$$\cos \varphi = \frac{U_R}{U}$$

$$\sin \varphi = \frac{U_L}{U}$$

### Ellenállás-háromszög

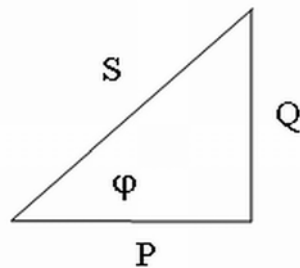
Mivel a soros kör feszültségei arányosak az ellenállásokkal, a feszültségháromszög arányos az ellenállás-háromszöggel.



14. ábra. Soros R-L kör ellenállás-háromszöge

UR a rezisztenciával, UL az induktív reaktanciával arányos. R és XL vektoros eredője adja a kör látszólagos váltakozó áramú ellenállását, az impedanciát: Z [Ω].

#### Teljesítmény-háromszög



15. ábra. Soros R-L kör teljesítmény-háromszöge

P a rezisztenciával, Q az induktív reaktanciával arányos. P és Q vektoros eredője adja a kör látszólagos teljesítményét (S).

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

$$S = U \cdot I = I^2 \cdot Z = \frac{U^2}{Z}$$

$$P = S \cdot \cos \varphi$$

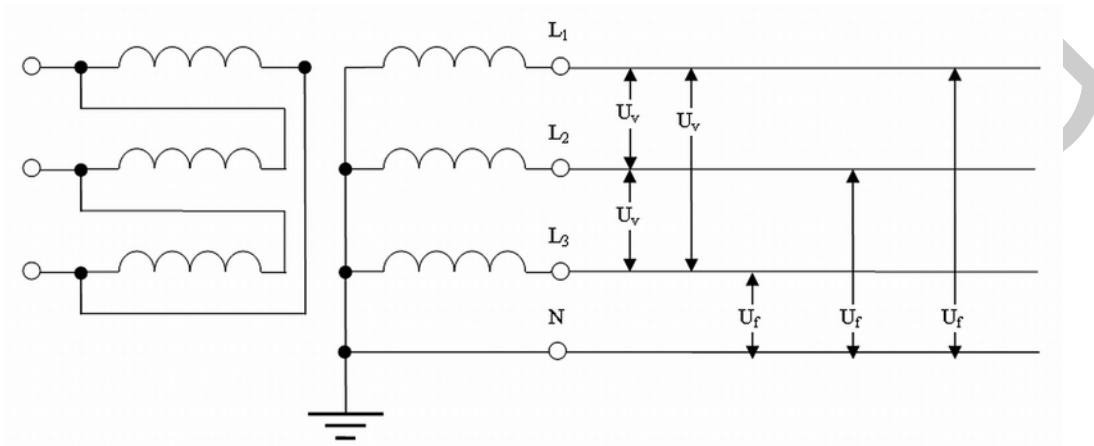
$$Q = S \cdot \sin \varphi$$

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

## HÁROMFÁZISÚ VÁLTAKOZÓ ÁRAMOK

Az erősáramú hálózat háromfázisú. Az erőművek generátoraiban térben  $120^\circ$ -ra eltolt tekercsek időben  $120^\circ$ -ra eltoltt  $\sim 10\text{kV}$  nagyságrendű váltakozó feszültséget állítanak elő, amit különböző feszültségekre transzformálva szállítanak a fogyasztóhoz.

A háztartásokat leggyakrabban  $10/0,4\text{ kV}$  feszültségű, a szekunder oldalon közvetlenül földelt transzformátorok látják el



16. ábra. Fogyasztói transzformátor

A primer oldal delta, a szekunder oldal csillagkapcsolású, a csillagpont földelt. Az  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  vonali feszültségek ( $U_v$ ) egymáshoz képest  $400\text{ V}$ , a földhöz képest  $230\text{ V}$  fázisfeszültségűek ( $U_f$ ).

Összefüggés a vonali -és fázisfeszültség között:

$$U_v = \sqrt{3} \cdot U_f$$

( $L_1$   $L_2$   $L_3$  helyett régebben  $R$ ,  $S$ ,  $T$  jelölést alkalmaztak.)

Háromfázisú rendszerekkel egy következő szakmai tartalomelemben részletesen fogunk foglalkozni.

## TANULÁSIRÁNYÍTÓ

Olvassa el a:

- A szinuszos váltakozó feszültség
- Fogyasztók a váltakozó áramú áramkörben

- Háromfázisú váltakozó áramok című fejezeteket!

**Tanári irányítással végezzen méréseket:**

- Különbféle hullámformájú feszültségek jelalakjának vizsgálatához!
- Ohmos, induktív, kapacitív és vegyes terhelések  $U$ ,  $I$ ,  $P$ ,  $S$ ,  $Q$ ,  $\cos\varphi$  vizsgálatához!

**A méréseket számítással ellenőrizze!**

**Ellenőrizze felkészültségét az Önellenőrző feladatok elvégzésével!**

**Bővítse tudását szakkönyvek, szakfolyóiratok, az internet, segítségével! A következő témakörök: soros R-C, soros R-L-C, párhuzamos és vegyes kapcsolások feszültség- és áramviszonyai, frekvenciamenete, rezonancia.**

**Oldjon meg sok feladatot elektrotechnikai példatárból**

MUNKKANYAG



## ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

### 1. feladat

Mennyi idő alatt játszódik le egy 100 kHz-es jel teljes periódusa? Az eredményt normál alakban adja meg!

MUNKANYAG

### 2. feladat

Mekkora az effektív értéke a 15 V csúcértékű szinuszos feszültségnek?

MUNKANYAG

### 3. feladat

Mekkora az egyenirányított középértéke a 10 V effektív értékű szinuszos feszültségnek?

MUNKANYAG

**4. feladat**

A névleges hálózati feszültség 230 V, frekvenciája 50 Hz. Mekkora a pillanatnyi feszültség értéke a nullaátmenetet követő 1. ms-ban (pozitív félhullámban)?

**5. feladat**

Egy rádióadó hullámhossza: 31,38 m. Mekkora a frekvenciája (kHz-ben adja meg)?

**6. feladat**

Egy relé behúzótekercsének áramfelvétele 12 V egyenfeszültségen: 100 mA, 12 V 50 Hz váltakozófeszültségen: 80 mA. Mekkora az induktivitása (mH-ben)?



**7. feladat**

Egy 48 V ; 20 mA jelzőlámpát (izzót) kell 230 V hálózati feszültségről működtetni kapacitív előtéttel. Mekkora kapacitású kondenzátor szükséges hozzá (nF-ban)?



**8. feladat**

Egy villamos motor adatai:  $U=230\text{ V}$ ,  $f=50\text{ Hz}$ ,  $P=1,5\text{ kW}$ ,  $\cos\varphi=0,82$ . Legalább mekkora áramra kell méretezni a tápvezetékét?



MUNKANYAG

## MEGOLDÁSOK

## 1. feladat

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{10^5} = 10^{-5} \text{ s}$$

## 2. feladat

$$U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{15}{1,41} = 10,64 \text{ V}$$

## 3. feladat

$$U_{\text{ek}} = \frac{2}{\pi} \cdot U_{\max} = \frac{2}{\pi} \cdot \sqrt{2} \cdot U = \frac{2 \cdot 1,41 \cdot 10}{\pi} = \frac{28,2}{3,14} = 8,98 \text{ V}$$

## 4. feladat

$$u_1 = U_{\max} \cdot \sin \omega t$$

$$u_1 = \sqrt{2} \cdot U \cdot \sin 2 \cdot f \cdot t \cdot \pi = 1,41 \cdot 230 \cdot \sin 2 \cdot 50 \cdot 10^{-3} \pi = 325 \cdot \sin \frac{1}{10} \pi = 325 \cdot \sin \frac{180^\circ}{10} = 325 \cdot \sin 18^\circ$$

$$u_1 = 325 \cdot \sin 18^\circ = 325 \cdot 0,309 = 100,4 \text{ V}$$

## 5. feladat

$$f = c \cdot \lambda = 3 \cdot 10^8 \cdot 31,38 = 9560 \text{ kHz}$$

## 6. feladat

$$R = \frac{U_{\text{DC}}}{I_{\text{DC}}} = \frac{12}{0,1} = 120 \Omega$$

$$Z = \frac{U_{\text{AC}}}{I_{\text{AC}}} = \frac{12}{0,08} = 150 \Omega$$

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{150^2 - 120^2} = 90 \Omega$$

$$L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{90}{314} = 0,288 \text{ H} = 288 \text{ mH}$$

**7. feladat**

Soros RC körben a kondenzátor feszültsége:

$$U_C = \sqrt{U - U_R} = \sqrt{230^2 - 48^2} = 225\text{V}$$

A kapacitív reaktancia:

$$X_C = \frac{U_C}{I} = \frac{225}{0,02} = 11250\Omega$$

A kapacitás:

$$C = \frac{1}{X_C \cdot \omega} = \frac{1}{11250 \cdot 314} = 0,02791\text{1F} = 279\text{nF}$$

**8. feladat**

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{1500}{0,82} = 1829\text{VA}$$

$$I = \frac{S}{U} = \frac{1829}{230} = 8\text{A}$$

## IRODALOMJEGYZÉK

### FELHASZNÁLT IRODALOM

Danás Miklós: Elektrotechnika (ÉRÁK, Miskolc, 2006.)

### AJÁNLOTT IRODALOM

Magyar István: Elektrotechnika (Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.)

Hübscher, Klaue, Pflüger, Appelt: Elektrotechnika (Westermann Európai Szakképzési és Továbbképzési Kft. Budapest, 1993.)

Klaus Beuth és Eugen Huber szerkesztésében: Elektrotechnikai alapismeretek Alaptankönyv az ipar és a kisipar számára (B+V Világkiállítási Lap- és Könyvkiadó Kft., Műszaki Könyvkiadó Kft. Budapest, 1994.)

Klaus Beuth és Eugen Huber szerkesztésében: Elektrotechnikai szakismeretek 1. (Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1994.)

Demeter Károlyné, Dén Gábor, Dr. Nagy Lóránt, Székér Károly: Elektrotechnika (MSZH Nyomda és Kiadó Kft. Budapest, 2000.)

Gyeván Károly: A villamos mérések alapjai – 7. kiadás (Nemzeti Tankönyvkiadó – Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2006.)

A(z) 0917-06 modul 008-as szakmai tankönyvi tartalomeleme felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
54 523 01 0000 00 00	Elektronikai technikus

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:  
35 óra

MUNKANYAG



MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv  
TÁMOP 2.2.1 08/1-2008-0002 „A képzés minőségének és tartalmának  
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap  
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet  
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210-1065, Fax: (1) 210-1063

Felelős kiadó:  
Nagy László főigazgató